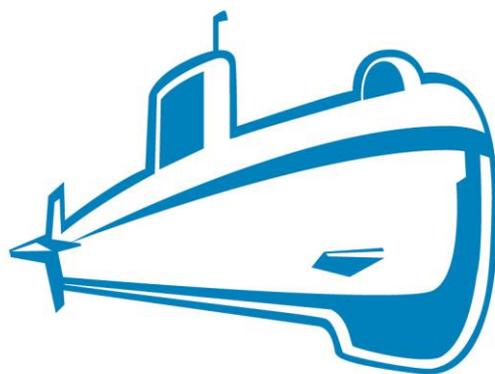


Document Ressources pour les enseignants

Sous-marin Flore - S645



SOMMAIRE

Introduction	Page 3
I - Lorient, port stratégique	
A - Naissance de la ville de Lorient	Page 4
B - 19 ^e et 20 ^e siècles : à l'heure de la modernité	Page 5
C - Seconde Guerre mondiale : Keroman et ses loups gris	Page 6
D - De l'après-guerre à aujourd'hui : de la Marine nationale à la reconversion	Page 8
II - Historique des sous-marins et évolution des sous-marins français	
A - L'aventure sous-marine : des prémices à la Première Guerre mondiale.	Page 9
B- Les sous-marins pendant la Seconde Guerre mondiale : les meutes de l'océan	Page 10
C- Les sous-marins français à propulsion classique de la Guerre froide	Page 12
D- Les sous-marins nucléaires, une histoire en marche	Page 14
III - Les sous-marins classiques : aspects techniques et fonctionnement	
A- Le système de propulsion, de l'hélice au schnorchel	Page 16
B- Sécurité plongée : immersion et tenue en mer	Page 18
C- Outils de navigation	Page 20
D- Torpilles et armement	Page 21
IV - La vie à bord des sous-marins classiques	
A - L'équipage	Page 22
B - Organisation de la vie à bord	Page 24
C - Repas et vivres à bord	Page 25
D - Hygiène et santé	Page 27
Le sous-marin Flore - S645	Page 29
Lexique	Page 30
Pour aller plus loin	Page 32

Introduction

Bienvenue au sous-marin Flore.

Le site a ouvert ses portes au public le 1^{er} mai 2010. Au travers de la visite de son espace muséographique et du sous-marin Flore, son but est de faire connaître le monde des sous-marins et l'histoire de la base de sous-marins de Lorient, haut lieu de l'histoire de la Seconde Guerre Mondiale.

Ce dossier a été réalisé par l'équipe de médiation du sous-marin Flore.

Il est à destination des enseignants et a pour objectif de leur permettre :

- ◆ avant la visite => Aborder quelques thèmes en classe
- ◆ après la visite => Développer en classe des notions évoquées par le guide-animateur lors de la visite du site.

Bonne visite !

Informations pratiques :

Sous-marin Flore

Base de sous-marins
Rue Roland Morillot
56100 LORIENT

www.la-flore.fr

Réservation et renseignements au 02.97.65.52.87

I - Lorient, port stratégique

A - Naissance de la ville de Lorient

17^{ème} siècle

La rade de Lorient est depuis le Moyen Age un espace convoité de par sa position géographique.

En 1664, est créée la **Compagnie des Indes**, à l'initiative de Colbert, pour approvisionner directement le marché français de produits orientaux. C'est en 1666, que la rade de Port-Louis, puis les Landes du Faouëdic, sur la rive droite du Scorff sont choisies. **L'histoire de la ville de Lorient commence par la création des chantiers navals du Faouëdic.**

A la fin du 17^e siècle la Marine Royale s'installe à Lorient, utilisant les infrastructures d'une Compagnie des Indes affaiblie par des guerres, pour construire des navires de guerre.

En 1738, Lorient devient le lieu de vente exclusif des produits coloniaux et le centre opérationnel de la construction navale.

18^{ème} siècle

En 1770, les chantiers navals sont rachetés par le roi et transformés en port de guerre et arsenal royal. Lorient devient l'un des quatre ports français capable de construire des vaisseaux de lignes. **En 1791, Lorient est établi port militaire.**

Le saviez-vous :

Le nom de la ville proviendrait du premier navire construit par la Compagnie des Indes "Le Soleil d'Orient" sur les chantiers navals du Faouëdic. Les ouvriers travaillant à la construction du navire auraient finis par appeler le chantier "Le Soleil d'Orient" puis "L'Orient" par métonymie.



B - 19^e et 20^e siècles : à l'heure de la modernité

19^{ème} siècle

Au 19^e siècle, la Marine doit suivre les évolutions technologiques navales et **avec ses ateliers de pointe, réalise alors un grand nombre d'innovations techniques comme le 1^{er} navire à vapeur en 1818, la 1^{ère} frégate à hélices en 1845, le 1^{er} cuirassé en acier en 1875.** De Caudan à Lanester, les chantiers se multiplient. Les effectifs passent de 1 500 en 1830 à 4 000 personnes en 1870, 75% de la main d'œuvre vit à Lorient.

20^{ème} siècle

Au début du 20^e siècle, de nombreuses infrastructures se développent comme l'extension du réseau d'eau potable, les lignes de tramway électrique, la création de boulevards et d'établissements publics (écoles, hôpital...).

La pêche se développe à Lorient avec l'invention des conserves à l'huile.

L'activité marchande est déplacée vers la lagune de Carnel et **le port de pêche de Keroman est édifié entre 1922 et 1927. Cinq ans après, un slipway unique en France est mis en service.** Lorient devient le 3^e puis très rapidement le 2^e port de pêche français.

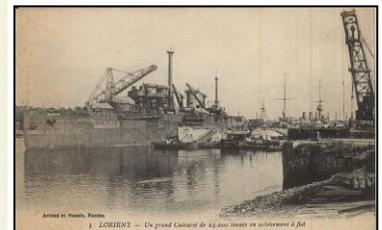
A la veille de la Seconde Guerre mondiale, Lorient est un grand port d'armement, de commerce et de pêche. En un siècle, la population a été doublée. Mais le conflit mondial va irrémédiablement modifier le paysage.

Systeme de slipway

construit par les Allemands entre le bloc K1 et le bloc K2

Le saviez-vous :

Cinq ans après l'ouverture du port de pêche, un slipway, c'est-à-dire un plan incliné destiné à mettre à l'eau ou à sec les bateaux au moyen d'un chariot sur rail, est mis en service. Ce système unique en France permet de mettre six bâtiments à sec en même temps. Les Allemands adapteront une structure similaire au sein de la base de sous-marins.



C - Seconde Guerre mondiale : Keroman et ses loups gris

La **Bataille de l'Atlantique** constitue un enjeu déterminant pendant la Seconde Guerre mondiale. Pour l'Allemagne, l'un des objectifs est de paralyser l'économie britannique qui ne pouvait compter que sur des approvisionnements par voie maritime.

Après l'engagement américain, dans le conflit, l'enjeu devient plus important puisqu'il s'agit d'empêcher l'acheminement en Europe du corps expéditionnaire américain, en plus des approvisionnements.

L'occupation de la France va permettre aux Allemands de lancer directement leurs sous-marins sur leur terrain de chasse, l'Atlantique. Pour que les U-Boote de la Kriegsmarine soient plus rapidement opérationnels dans l'Atlantique, l'Amiral Dönitz, commandant en chef des sous-marins allemands, décide, dès 1940, de les baser, en partie, dans les ports français et notamment celui de Lorient.



21 juin 1940

Le **21 juin 1940, la ville de Lorient est prise** et la Marine allemande découvre un port parfaitement adapté à ses sous-marins.

Les **atouts majeurs de Lorient** sont :

- Des ateliers de l'Arsenal parfaitement opérationnels,
- Un vaste emplacement autour du port de pêche de Keroman,
- Des installations modernes reliées par voies ferrées,
- Un port plus sûr que Brest, du fait de son éloignement des côtes britanniques,
- Enfin Lorient est aussi plus près de Paris pour le réapprovisionnement par rails.

6 juillet 1940

Le **port de Lorient est déclaré ouvert pour les U-Boote le 6 juillet 1940.** Les bases de sous-marins implantées en France seront chacune spécialisées dans l'entretien et la réparation d'un type d'U-Boote.



Suite aux menaces aériennes de la Royal Air Force, la première mesure prise pour assurer une protection des sous-marins, fut la **construction de deux Dom-Bunkers** de part et d'autre du slipway du port de pêche.

28 octobre 1940

Le **28 octobre 1940, l'amiral Dönitz rencontre Hitler.** Il lui demande officiellement d'intervenir au plus vite auprès de l'Organisation Todt (responsable de la construction et de l'armement) pour faire protéger les U-Boote des attaques aériennes dans les 3 bases françaises de Lorient, Brest et Saint-Nazaire.

A Lorient, les travaux nécessitent la participation d'environ **15 000 ouvriers français et étrangers.** Les travaux démarrent en février 1941. Trois blocs sont construits. Ils sont nommés successivement **KI, KII et KIII.** Le K pour Kéroman, lieu où la base s'est installée et le numéro selon leur ordre de construction.

Février 1941

Chaque bloc contenait : bureaux, ateliers, magasins et logements. **Dans ces bâtiments, il était possible de loger environ 1 000 hommes et l'ensemble des installations permet d'accueillir simultanément 30 sous-marins à l'abri des bombardements.**

De 1940 à 1942, la base fut le siège de la Direction Générale de la guerre sous-marine. C'est de Lorient que l'Amiral Dönitz dirige les opérations des sous-marins répartis sur toutes les mers du globe.

S'étendant sur 26 hectares, la base de sous-marin de Lorient deviendra la plus grande base de sous-marins de l'Atlantique et le plus grand édifice militaire allemand construit hors de l'Allemagne durant la Seconde Guerre mondiale.

1940 - 1941

La construction de la petite base du Scorff :

Il s'agit d'une petite base pour le ravitaillement de 4 sous-marins sur la rive orientale du Scorff, en face de l'arsenal. Sa construction débute fin 1940 pour s'achever en septembre 1941. Ses dimensions sont de 128 mètres de long pour 51 mètres de large avec 3.5 mètres d'épaisseur de toit.

1941

La construction de Keroman I et Keroman II :

Le facteur primordial est la nécessité d'aller au plus vite pour protéger les sous-marins des bombardements aériens britanniques. **Ces deux exemplaires sont donc construits avec des fondations au sol.** Le sous-marin est sorti de l'eau par un système de slipway selon le même principe que celui du port de pêche.

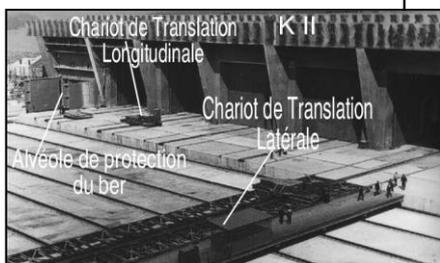
1941 - 1943

La construction du Keroman III :

Les travaux démarrent en octobre 1941, alors que Keroman II n'est pas encore opérationnel. **Kéroman III est un bloc plus classique avec des fondations immergées dans l'eau.**

Carte d'identité Keroman II

Durée de construction : 8 mois.
Surface : environ 18 000 m².
Dimensions : 120 m de long, 128 m de large, 18,5 m de haut.
Épaisseur de toiture : 3.5 m.
Capacité : 7 U-Boote.

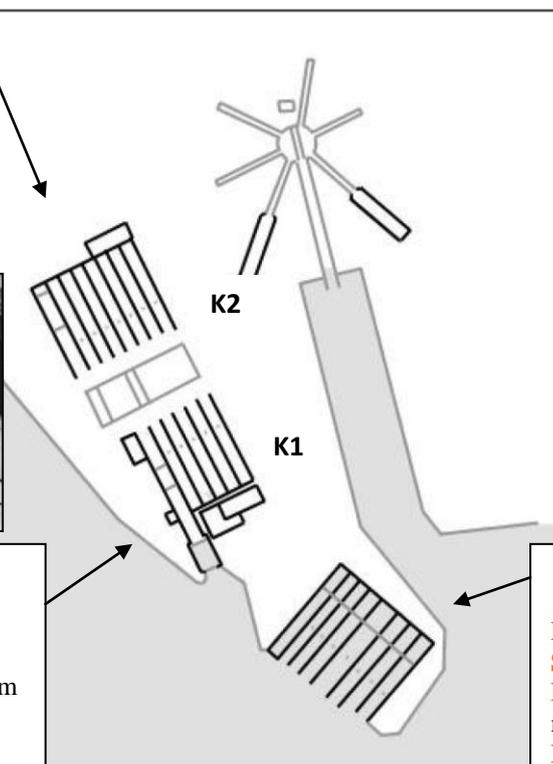


Carte d'identité Keroman I

Durée de construction : 7 mois.
Surface : environ 15 000 m².
Dimensions : 120 m de long, 85 m de large et 18.5 m de haut.
Épaisseur de toiture : 3.5 m.
Capacité : 5 U-Boote.

Le saviez-vous :

En à peine plus de quatre années Lorient a vu passer 203 U-Boote différents ainsi que deux sous-marins japonais. Jusqu'à 27 y ont fait escale en même temps. Sur les 35 U-Boote qui ont coulé 95 000 tonnes de cargos ennemis durant toutes leurs missions, 33 ont fait escale à Lorient.



Carte d'identité Keroman III

Durée de construction : 15 mois.
Surface : 24 000 m² au sol.
Dimensions : 168 m de long, 142 m de large, 20 m de haut.
Épaisseur de toiture : 7.5m.
Capacité : 13 U-Boote.

1943

En 1943, les plus puissantes bombes de l'époque sont larguées sur la base de Keroman. Elle résiste et n'est que très peu endommagée. A contrario, **la ville de Lorient est détruite à plus de 80%.**

1944

En 1944, après le **débarquement allié** en juin, la libération de la Bretagne commence au mois d'août. Pourtant les Allemands continuent à résister. Lorient est transformée en poche de résistance. **La ville sera finalement libérée entre le 7 et le 10 mai 1945** alors que l'armistice avait été signé le 8 mai 1945.

D - De l'après-guerre à aujourd'hui : de la Marine nationale à la reconversion

Mai 1945

— Seul site industriel en état de fonctionnement à la fin de la guerre, la base de sous-marins de Keroman participe à la reconstruction économique de la ville.
Le 19 mai 1945, la Marine française s'y installe.

1972

— En 1972, les sous-marins classiques deviennent impuissants face aux nouvelles générations de sous-marins nucléaires d'attaque qui vont trois fois plus vite, plongent deux fois plus profond et deviennent quasi indétectables. Basés à Brest et à Toulon, les sous-marins nucléaires ne viennent pas à Keroman. La base de Keroman n'est pas adaptée pour recevoir ces sous-marins de nouvelles générations. Ses alvéoles sont trop petites et la rade lorientaise trop peu profonde.



1995

— En 1995, le Ministère de la Défense proclame la fermeture de la Base de sous-marins de Lorient.

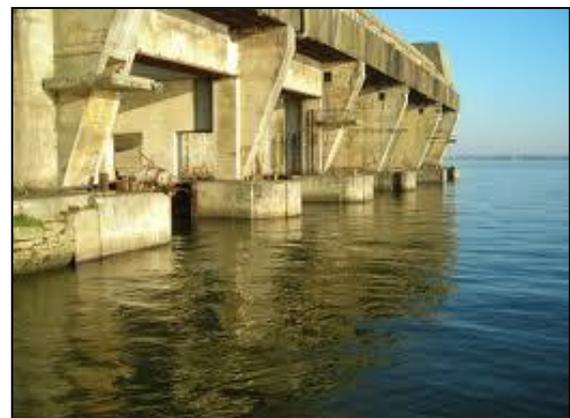
1997

— Cette décision devient définitive en 1997.

Dès 1997, la Communauté de Communes de Lorient (Cap Lorient) réfléchit à la reconversion de cette base, on envisage même sa destruction. **Aujourd'hui, la base est devenue un pôle touristique et culturel.** C'est aussi, le 1^{er} pôle européen de course au large qui bénéficie de 6 000 m² de bâtiments, hangars, voileries, bureaux ainsi que 850 m de pontons dédiés à l'accueil des bateaux. Le parc d'activité nautique accueille aujourd'hui une vingtaine d'entreprises. Elles représentent plus de 200 emplois.

Le saviez-vous :

La base de sous-marins de Lorient a été nommée officiellement Base de sous-marins Jacques Stosskopf le 6 juillet 1946. Lorsque la Kriegsmarine prend possession des installations militaires de Lorient, Jacques Stosskopf est en poste à l'arsenal. Très vite, il gagne la confiance de l'occupant grâce à sa maîtrise de la langue allemande et son attitude autoritaire avec les ouvriers français. De plus, une réputation de collaborateur lui est imputée par les Lorientais. Mais, en réalité, Jacques Stosskopf est un résistant membre du réseau Alliance. Ainsi, il suit de près la construction de la base et toutes les entrées et les sorties des U-Boote. Ces renseignements d'une importance tactique sont transmis à la Marine Britannique. Dénoncé sous la torture par un agent du réseau Alliance, Jacques Stosskopf est arrêté le 21 février 1944. Son départ pour l'Allemagne est interprété par les Lorientais comme une promotion avec d'importantes responsabilités. La réalité est tout autre, torturé par la Gestapo, il est déporté au camp de concentration de Struthof où il est exécuté. Jacques Stosskopf est élevé au grade de commandeur de la Légion d'honneur, à titre posthume en 1945.



II - Historique des sous-marins et évolution des sous-marins français

A - L'aventure sous-marine : des prémices à la Première Guerre mondiale.

Bien que la mer fut au long de l'histoire de l'humanité souvent connotée négativement, chargée de peurs et de légendes, elle a été un facteur important dans le développement des grandes civilisations et a toujours suscité un attrait et une curiosité importante. L'aventure sous-marine de l'homme s'inscrit dans cette découverte du monde marin et remonte à l'Antiquité. Des sources antiques attestent de différentes techniques permettant aux premiers plongeurs de se déplacer en immersion. Mais c'est à partir du XVII^e siècle que commencent véritablement à naître les projets de bateaux sous-marins ou submersibles.

17^e siècle

En **1624**, le scientifique hollandais Cornelius Van Drebbel construit pour le roi d'Angleterre un petit sous-marin à rames en bois recouvert de cuir graissé.

En **1690**, le physicien et astronome Edmund Halley invente une cloche de plongée alimentée en oxygène par des tonneaux remplis d'air.

18^e siècle

En **1775**, le premier sous-marin militaire, *la Tortue* est conçu par l'américain David Bushnell. Composé de deux coques de bois évoquant deux carapaces de tortues accolées, c'est le premier sous-marin à être autonome et propulsé par des hélices.

19^e siècle

En **1800**, les essais de sous-marins en France continuent avec Robert Fulton qui met au point *le Nautilus*, un sous-marin à propulsion humaine qui permettait de poser des mines contre la coque de navires ennemis.

Pendant la **guerre de Sécession** (1861-1865) aux Etats-Unis, on retrouve les premiers faits de guerre d'un sous-marin avec le *Hunley*. Il s'agissait d'un torpilleur manœuvré par la force de huit volontaires et armé d'une charge explosive au bout d'une hampe. Il coulera une frégate ennemie en 1864.

En **1886**, les sous-marins se passent désormais de propulsion humaine et adoptent la propulsion motorisée à air comprimé avec le *Plongeur* de la Marine nationale française, à vapeur avec le *Ictineo II* en Espagne ou encore électrique avec les *Farfadet* français.

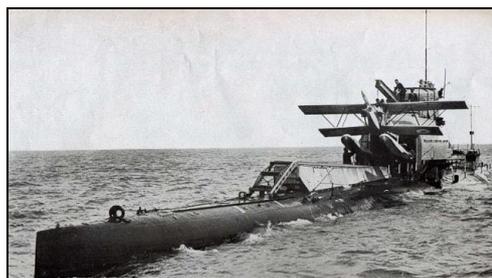
20^{ème} siècle

En **1904**, le *Narval*, de l'ingénieur français Maxime Laubeuf, est le premier sous-marin équipé d'une propulsion mixte utilisant la machine à vapeur en surface et le moteur électrique en plongée. Ce sous-marin préfigurera les sous-marins modernes.

Durant la **Première Guerre mondiale** (1914-1918), le sous-marin devient un véritable outil de guerre. Ce sont les Allemands qui miseront le plus sur leurs *Unterseeboote* (U-boote) tant dans l'Atlantique qu'en Méditerranée.

Le saviez-vous :

L'Entre-deux-guerres voit l'arrivée d'un nouveau type de sous-marin : le sous-marin porte-avions, équipé d'un hangar étanche et d'une catapulte à vapeur pour lancer et récupérer de petits hydravions. En France ce sera le *Surcouf*, lancé en 1929.



B - Les sous-marins pendant la Seconde Guerre mondiale : les meutes de l'océan

A l'instar de la Première Guerre mondiale, le deuxième conflit sera aussi marqué par un rôle important joué par les sous-marins. L'Allemagne a possédé la plus grande et la plus efficace flotte sous-marine de la Seconde Guerre mondiale. Ces sous-marins allemands, appelés U-Boote (abréviation d'Unterseeboote), furent une des principales composantes de la bataille de l'Atlantique et un enjeu considérable pour l'issue de la guerre.

1939



A l'entrée en guerre, l'Allemagne est la 6^e flotte de sous-marins mondiale avec 65 unités, loin derrière l'URSS qui en possède le double. L'industrie militaire donne tout d'abord une importance plus grande à la flotte de surface. L'arrivée de **Karl Dönitz** au commandement de la Kriegsmarine va permettre d'augmenter la production de sous-marins. Durant la guerre un peu plus d'un millier de sous-marins seront construits par l'Allemagne nazie.

1940

L'Amiral Dönitz, responsable de l'arme sous-marine, développe une tactique de déploiement et d'attaque pour ses sous-marins qui s'avère efficace. L'objectif est de couper le Royaume-Uni de tous ravitaillements provenant des Etats-Unis en s'attaquant directement aux convois. Au début, les sous-marins opèrent seuls, puis dès **juillet 1940** se met en place la **Rudeltaktik** : l'attaque en meute. Un U-boat suit le convoi avant d'être rejoint par d'autres sous-marins pour attaquer en groupe. Les attaques sont principalement faites en surface, de nuit ou au crépuscule, là où les sous-marins sont les moins vulnérables.

1941

Entrée en guerre des Etats-Unis d'Amérique.

1942

L'invasion de la France va donner à l'Allemagne un accès direct à la côte Atlantique et va donc offrir de larges perspectives stratégiques à l'Amiral Dönitz. Les sous-marins sont construits en Allemagne puis ravitaillés et réparés dans les 5 bases construites en France : Brest, Lorient, Saint-Nazaire, La Rochelle et Bordeaux. Le point central des opérations navales est l'océan Atlantique. Les meutes de loups, **Wolfsrudel**, sévissent jusqu'aux côtes américaines et multiplient leurs attaques tant sur des navires de marchandises que sur des navires de guerre. L'année 1942 est particulièrement lourde pour les Alliés : de mars à novembre, les pertes mensuelles oscillent entre 500 et 600 000 tonnes.



1943

Face au danger que représentent les sous-marins pour les Alliés, la lutte anti-sous-marine va devenir dans la seconde moitié du conflit une de leur priorité pour pouvoir reprendre le dessus. Tout d'abord, les Alliés vont réussir à mettre la main sur une machine à crypter *Enigma*, qui permettait au Haut Commandement de communiquer avec ses "loups gris". Ainsi les convois vont pouvoir éviter les zones d'action des U-boote et les alliés vont pouvoir mieux protéger les convois et lancer des attaques directement sur les sous-marins allemands.

Deux inventions vont également être décisives : le **sonar** et le **radar**. Tous ces éléments réunis vont expliquer les lourdes pertes que vont subir les U-Boote dès l'année 1943. La phase la plus active de la guerre sous-marine prendra bientôt fin.

6 juin : Débarquement en Normandie.

1944

Les U-boote de la Deuxième Guerre mondiale resteront sur plusieurs aspects des éléments déterminants pour l'avancée de **l'arme sous-marine** actuelle.

1945

Au total les pertes causées par les sous-marins sont énormes. En effet, le tonnage allié coulé dans le monde de 1939 à 1945 est de **19 millions de tonnes** dont 15 millions dans l'Atlantique et 65,6 % de ces pertes sont dues aux seuls sous-marins.

Pendant toute la durée de la guerre, **1 133 U-Boote** seront mis en service et leurs pertes s'élèvent à 828, 44 % étant détruits par l'aviation, 37 % par les escorteurs, et le reste par des mines et des sous-marins Alliés.



A propos des sous-marins, **Winston Churchill** écrira que la menace des U-boote a été la seule chose qui le fit douter de la victoire finale des Alliés.

Le saviez-vous :

Cherchant à attaquer les Américains à même leur territoire, les ingénieurs allemands de l'*ElektroBoot* avaient développé un système révolutionnaire qui permettait à ces sous-marins de pouvoir tirer un missile balistique V2 directement depuis l'océan. Les bases du sous-marin lanceur d'engins que seront les SNLE actuels étaient posées.



C - Les sous-marins français à propulsion classique de la Guerre froide

Les années qui suivent la Seconde Guerre mondiale voient la naissance du sous-marin moderne. En effet, jusque-là les sous-marins s'étaient davantage comportés comme des torpilleurs, attaquant de nuit et en surface les convois ennemis. L'arrivée du radar sur les bâtiments d'escorte et dans l'aviation rend cette technique impossible. Les sous-marins vont donc devoir évoluer et s'adapter à de nouvelles contraintes.

1946

En 1946, après avoir désarmé ses bâtiments les plus anciens et les plus fatigués, la flotte française se compose de **sept unités d'avant-guerre**, de quatre sous-marins prêtés par les Britanniques, des **prises de guerre allemandes** (*Millé, Laubie, Blaison, Bouan* et *Roland Morillot*) et de l'ex-sous-marin italien. Elle remet également en service cinq des huit sous-marins type Aurore.

1950

Au 1^{er} janvier 1950, la flotte sous-marine française se compose de dix unités : **cinq ex U-boote** (*Millé, Laubie, Blaison, Bouan* et *Roland Morillot*), ainsi que cinq sous-marins français remis en service.

Le Conseil Supérieur de la Marine adopte un projet de nouveau sous-marin de croisière de 1200 tonnes s'apparentant de très près au type XXI allemand. Il s'agit du type *Narval*, premier sous-marin construit en France après la fin du conflit et de conception nouvelle. Inspirés des U-boote du type XXI, les *Narval* apportent de nombreuses innovations : un système de détection et un système de schnorchel entièrement revus, un armement plus conséquent, une immersion doublée et une discrétion acoustique plus importante. Six unités sont construites et portent les noms de *Dauphin, Espadon, Marsouin, Morse, Narval* et *Requin*. Les *Narval* sont affectés à la 2^{ème} escadrille de Lorient. Ils ont une durée moyenne de mission de 45 jours avec 65 hommes à bord.

1952

Le sous-marin est alors considéré comme le navire le plus redoutable des forces navales modernes. La lutte anti-sous-marine devient donc une des priorités des marines du monde entier. C'est dans cet esprit que naît la série des sous-marins type *Aréthuse*. Ces sous-marins de 400 tonnes sont conçus pour la lutte anti-sous-marine tout en étant apte à des missions d'attaque de bâtiments de surface. Ils sont polyvalents et représentent une économie importante pour le budget de la Marine. Quatre unités sont réalisées : *l'Aréthuse, l'Argonaute, l'Amazone* et *l'Ariane*. Ils partent pour des missions de 20 jours environ avec 40 hommes d'équipage.



1955

Entre 1955 et 1965, onze sous-marins de 2^e classe de 800 tonnes sont construits. Ils sont appelés les *Daphné* et portent des noms de personnages féminins de la mythologie grecque et romaine : *la Daphné, la Diane, la Doris, l'Eurydice, la Flore, la Galatée, la Minerve, la Junon, la Vénus, la Psyché, la Sirène*. Cette génération de sous-marins de moyen tonnage fait preuve de remarquables qualités, atteignant 16 nœuds en plongée, maniables et très silencieux, pouvant atteindre une immersion de 300 mètres et équipés de systèmes d'armes et d'équipements de détection très perfectionnés. Ces sous-marins sont aussi bien aptes à la chasse aux sous-marins ou à l'attaque de bâtiments de surface qu'à des missions d'envergure océanique. Les "800 tonnes" effectuent des missions d'une durée moyenne de 30 jours avec à leur bord entre 50 et 60 hommes d'équipage. Plusieurs sous-marins sont également construits et vendus à des pays étrangers comme le Portugal, le Pakistan, l'Union Sud-Africaine et l'Espagne.

1960

L'entrée dans les années 60 est marquée par l'arrivée du développement de la force nucléaire, en tant que propulsion ainsi qu'en tant que puissance de frappe. La France se lance dans l'aventure du nucléaire militaire. Pour un gain de temps, elle dissocie les essais de propulsion et de lancement d'engins. En 1960, un sous-marin expérimental à propulsion classique, le *Gymnote* est lancé. Il est le premier sous-marin à servir pour des essais de lancement de missiles destinés aux futurs sous-marins nucléaires lanceurs d'engins. Ce sous-marin de 3000 tonnes, comptant à son bord 90 hommes, est équipé de quatre tubes verticaux lance-missiles. Le *Gymnote*, au service actif jusqu'en 1987, est un véritable laboratoire d'essais d'équipements et d'armes qui serviront aux futurs sous-marins nucléaires lanceurs d'engins.

1972

Bien que le nucléaire soit dorénavant donné comme priorité aux forces sous-marines à venir, la France produit une dernière série de sous-marin classique, appelée *Agosta* et conçue pour réaliser des missions de longues distances. Les *Agosta*, comptabilisant 1200 tonnes sont construits à quatre exemplaires : *l'Agosta, le Bévésier, le La Praya et l'Ouessant*. Ils bénéficient d'améliorations : réduction des sources de bruit, forme de coque différente, système d'armement permettant d'embarquer des missiles. Ces améliorations serviront par la suite au développement des SNA, sous-marins nucléaire d'attaque.

Le saviez-vous :

Certaines missions marquantes ont fait la gloire de la génération des sous-marins type Narval. Un record de plongée de 42 jours est effectué par le *Requin* entre Lorient et les Açores. Et l'opération *Sauna* en 1965 fait du *Dauphin* et du *Narval* les deux premiers sous-marins français à naviguer sous la banquise.



D - Les sous-marins nucléaires, une histoire en marche

En plein contexte de Guerre froide marquée par une course à l'armement, la force nucléaire prend une importance croissante au sein des plus importantes nations. Les missiles à charge atomique se développent et les essais se multiplient. Si la bombe atomique embarquée sur avion et autres missiles sol-sol sont des armes efficaces, l'utilisation des sous-marins s'avère primordiale pour des questions de discrétion, renforçant ainsi l'effet de dissuasion nucléaire. Mais les sous-marins développés jusque là, appelés conventionnels ou classiques, sont très dépendants de la surface et sont obligés de remonter pour recharger leurs batteries et renouveler l'air du bord régulièrement ce qui les rend visibles et vulnérables. La solution qui se montre comme une évidence est celle d'un sous-marin à propulsion nucléaire, un sous-marin quasiment indépendant de la surface, à très grande autonomie et doté de capacités nettement supérieures à ce qu'on avait connu jusque-là.

1963

Les premiers sous-marins nucléaires mis en chantier par la France sont à la fois à propulsion nucléaire et pouvant tirer des missiles à charge nucléaire. C'est ce qu'on appelle les SNLE, les **Sous-marins Nucléaires Lanceurs d'Engins**. La décision de construire le premier SNLE français est prise le 2 mars 1963 et sa construction débute l'année suivante à l'Arsenal de Cherbourg. Baptisé *le Redoutable*, le premier SNLE est suivi par cinq autres bâtiments : *Le Terrible*, *Le Foudroyant*, *L'Indomptable*, *Le Tonnant* et *L'Inflexible*. Sous-marin de 8000 tonnes réparties sur ses 128 mètres de long avec ses 16 tubes lance-missiles, le SNLE type *Redoutable* atteint une autonomie de 90 jours, dépasse les 20 nœuds en plongée et les 300 mètres d'immersion. Pour tenir les patrouilles et atteindre une disponibilité opérationnelle la plus importante possible, deux équipages de 135 hommes chacun, un *bleu* et un *rouge* se relaient à tour de rôle au bout de chaque mission. Il est important de préciser que ces sous-marins sont à distinguer des sous-marins d'attaque car les lanceurs d'engins sont des sous-marins à caractère dissuasif et non d'attaque. Ces bâtiments, joyaux de la Marine nationale, sont considérés comme les sous-marins les plus silencieux de leur époque. L'ensemble de la flotte des SNLE est intégré à la *Force Océanique Stratégique* (la FOST) et basé à Brest sur l'Île Longue. Peu de choses sont divulguées quant aux missions et aux activités de ces sous-marins placés sous le signe du secret défense. Les sous-mariniers qui naviguent à bord ne savent pour la plus large majorité même pas les endroits dans lesquels ils ont navigué.

Années
1970

A la fin des années 70, la flotte stratégique française prend corps et se renforce de l'arrivée d'un cinquième sous-marin lanceur d'engins. Face aux avantages qu'offre la propulsion nucléaire appliquée aux sous-marins, l'idée naît de lancer une série de sous-marins d'attaque à propulsion nucléaire pour renouveler la flotte d'attaque qui ne compte que des bâtiments à propulsion classique.



1974

Un programme est lancé en 1974 pour la construction de huit **sous-marins nucléaires d'attaque** dont seuls six sont finalement lancés : *le Rubis, le Saphir, le Casabianca, l'Émeraude, l'Améthyste, et la Perle*. Pour des questions budgétaires, il est décidé de réaliser un sous-marin nucléaire de petite envergure. Les ingénieurs vont partir de la coque des sous-marins type *Agosta* alors en cours de construction et le défi d'adapter la propulsion nucléaire à une coque de sous-marin classique sera relevé. Après quelques difficultés, le plus petit sous-marin nucléaire du monde avec ses 72 mètres de long et ses 2670 tonnes de déplacement est lancé. Les SNA type *Rubis* partent pour des missions d'une durée moyenne de 60 jours avec à leur bord 70 hommes. L'armement est composé de torpilles lourdes, de mines sous-marines et de missiles. Ces sous-marins à propulsion nucléaire offrent de nouvelles possibilités à la Marine ainsi que de nouvelles missions aux sous-marins d'attaque.

2010

Avec les progrès technologiques accomplis depuis les années 70, une nouvelle série de SNLE entre en service en 2010 pour renouveler une partie de la *FOST*. Il s'agit des **SNLE NG** (pour Nouvelle Génération) type *Le Triomphant*. Le but est de rendre ces sous-marins, déjà très perfectionnés, beaucoup plus silencieux, plus rapide, avec un meilleur système d'écoute et une nouvelle génération d'armement nucléaire. Cette série comprend quatre sous-marins : le *Triomphant*, le *Téméraire*, le *Vigilant* et le *Terrible*. Avec ses 110 hommes d'équipage, ses 12 000 tonnes et ses 138 mètres de long, les SNLE NG opèrent aux quatre coins du globe pour des missions de 90 jours en moyenne. Leur mission reste bien entendu la dissuasion nucléaire.

2017

Dernière classe de sous-marin en date, les **sous-marins nucléaires d'attaques type *Barracuda*** ont vu leur conception débutée en 2002 pour une entrée au service actif prévue en 2017. Ces *Barracuda* rebaptisés aujourd'hui *Suffren* comptent désormais trois unités en construction, le *Suffren*, le *Duguay-Trouin* et le *Tourville*. On sait peu de choses sur cette nouvelle série outre ses 4 800 tonnes, ses 99 mètres de long et ses 60 hommes d'équipage.

Le saviez-vous :

Un sous-marin combien ça coûte ? Les coûts dépendent de beaucoup de choses et notamment de la taille et de la technologie utilisée. En moyenne, un sous-marin nucléaire d'attaque coûte 1.5 milliards d'euros contre presque 2 milliards pour un lanceur d'engins. Les sous-marins classiques eux sont bon marché avec un coût moyen de revient de 400 millions. Les dépenses pour un tel bâtiment ne s'arrêtent bien entendu pas qu'à sa simple construction et, au-delà du prix de fonctionnement, il y a aussi les coûts de Maintien en Condition Opérationnel (MCO) à prendre en compte. A titre d'exemple, le dernier contrat MCO des SNA s'élève à 486 millions d'euros pour quatre années, soit l'équivalent de 32 000 euros par jour et par navire.



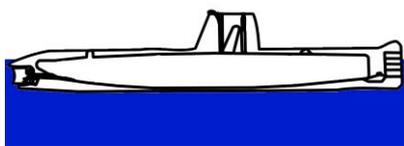
III - Les sous-marins classiques : aspects techniques et fonctionnement

A-Le système de propulsion, de l'hélice au schnorchel

A l'origine, les concepteurs de sous-marins rêvaient du système de propulsion d'énergie idéal. Ils imaginaient des sous-marins qui fonctionnent en surface et en plongée, fiables, discrets et sécurisants. Avant l'apparition des sous-marins nucléaires, les sous-marins classiques, à cause de leur système de propulsion diesel-électrique, étaient complètement dépendants de la surface.

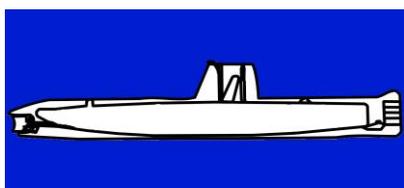
Les trois états du sous-marin

Un sous-marin est un navire submersible, capable de se déplacer dans les trois dimensions en surface et sous l'eau. Il existe trois états comme sur les schémas qui suivent :



Le sous-marin navigue **en surface**.

Le sous-marin navigue à l'**immersion périscopique**. Il est à environ 12 mètres sous la surface de l'eau. Seul les aériens sortent de l'eau.



Le sous-marin navigue **en plongée**. L'immersion maximale d'un type *Daphné* est de 300 mètres sous l'eau.

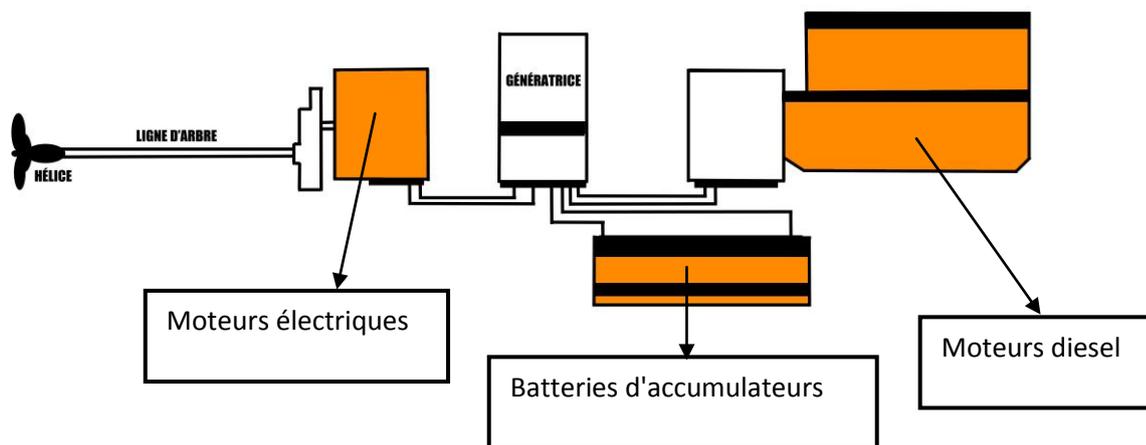
Des sous-marins à propulsion diesel-électrique

Les sous-marins classiques sont équipés de moteurs diesel pour la navigation en surface. Les moteurs diesel ont besoin de carburant (gazole) et de comburant (l'oxygène, présent dans l'air) pour fonctionner. Or, sous l'eau l'oxygène n'est pas présent dans sa forme gazeuse. Donc, lorsque le sous-marin navigue en plongée, les moteurs diesel ne fonctionnent pas. Seuls les moteurs électriques fonctionnent. Ils sont alimentés par de grosses batteries d'accumulateurs. Au fur et à mesure de l'activité du sous-marin en plongée, les batteries se déchargent. Si le sous-

marin a une activité moyenne, les batteries durent 2 à 4 jours et pourtant, le sous-marin est en mission pendant 30 à 40 jours.

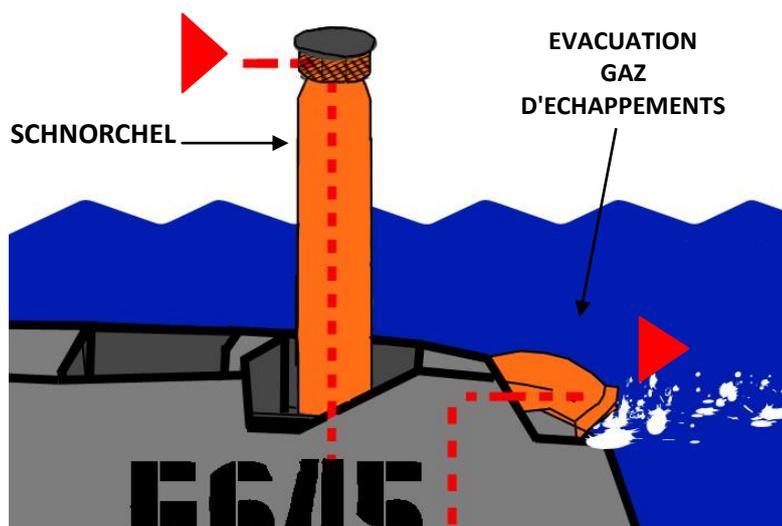
Pour recharger les batteries d'accumulateurs, le sous-marin doit régulièrement remonter à la surface ou à l'immersion périscopique pour faire fonctionner les moteurs diesel qui entraînent une génératrice et qui permet à nouveau d'alimenter les batteries. La recharge dure plusieurs heures pendant lesquelles, le sous-marin est vulnérable car il peut être repéré visuellement ou acoustiquement à cause du bruit des moteurs.

Le schéma suivant présente les différents éléments de propulsion d'un sous-marin classique :



Le schnorchel

Lorsque le sous-marin est à l'immersion périscopique, pour faire fonctionner les moteurs diesel, il navigue au schnorchel. Le principe du schnorchel consiste en un système d'approvisionnement en air, composé d'un tube d'air hissable. La partie mobile permet de prendre de l'air à la surface pour l'acheminer jusqu'aux moteurs diesel.



La partie fixe permet d'évacuer les gaz d'échappements des diesels. Le schnorchel permet aussi de renouveler les réserves d'air à bord du sous-marin. La navigation au schnorchel est délicate. Lorsque la mer est agitée, un système de clapet permet d'éviter que l'eau n'entre à l'intérieur du tube. Une fois les clapets fermés, les moteurs diesel aspirent l'air qu'il y a à l'intérieur du sous-marin. Le bord est alors mis en dépression. Cela est très douloureux pour les oreilles des sous-marinières. Le risque d'asphyxie est présent pour l'équipage, si les moteurs diesel ne sont pas arrêtés assez tôt. De plus, une

avarie de clapet peut créer une voie d'eau, susceptible de mettre en danger le sous-marin et son équipage.

L'hélice

La fonction de l'hélice est de mettre en mouvement une masse d'eau afin de créer une force pour faire avancer un bateau. Les hélices sont les éléments les plus secrets sur un sous-marin car elles constituent une source de bruit. Ce bruit est provoqué par le phénomène de cavitation, c'est-à-dire que lorsque l'hélice met en mouvement une masse d'eau, des petites bulles de gaz ou de vapeur se créent. Lorsque le sous-marin va accélérer, les petites bulles viennent exploser contre les pales, ce qui génère du bruit. Les sous-marins classiques type *Daphné* comme *La Flore* possèdent deux hélices à trois pales.

B - Sécurité plongée : immersion et tenue en mer

La plongée du sous-marin

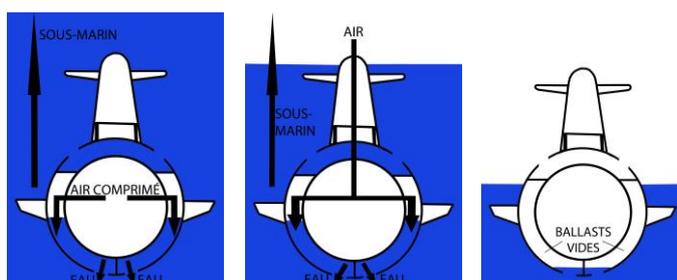
Selon la poussée d'Archimède, un objet flotte si son poids total est égal au poids en eau de son volume immergé. Pour plongée, le sous-marin doit donc augmenter son poids total. Pour cela, un sous-marin est composé de ballasts. Ceux-ci constituent des volumes étanches entre la coque mince à l'extérieur et la coque épaisse en acier à l'intérieur. Les ballasts peuvent contenir de l'eau ou de l'air. Pour plonger, le sous-marin doit accroître son poids en remplissant les ballasts d'eau de mer.

Des purges permettent de chasser l'air des ballasts afin de faire rentrer l'eau, comme sur les schémas suivants :



Lorsque les ballasts sont remplis d'eau, le sous-marin est à l'immersion périscopique entre deux eaux. Ensuite, c'est à l'aide des barres de plongée qu'il détermine son immersion. Les barres de plongée sont en quelque sorte des "ailerons" inclinables, placés à l'extérieur, de part et d'autres de la coque à l'avant et à l'arrière.

Pour que le sous-marin remonte, il faut "chasser" l'eau des ballasts grâce à de l'air comprimé qu'on injecte dans ces derniers. Dans un premier temps, de l'air à haute pression est injecté à environ 250 bars, afin de chasser une partie de l'eau. Dans un second temps, pour éviter une consommation trop importante d'air comprimé, les gaz d'échappements des moteurs diesel sont rejetés dans les ballasts permettant ainsi de terminer la chasse, comme sur les schémas suivants :



Principe d'Archimède

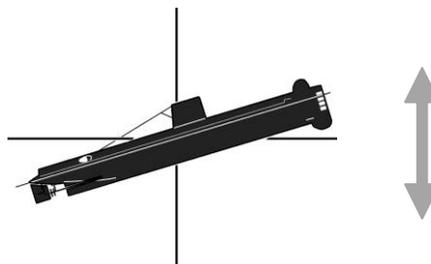
« *Tout corps plongé dans un fluide reçoit de la part de celui-ci une poussée verticale dirigée vers le haut, et de grandeur égale au poids du volume du fluide déplacé.* »

La pesée du sous-marin

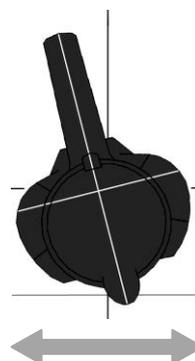
Pour améliorer son équilibre, on effectue la pesée du sous-marin. Au cours de la mission, le sous-marin s'allège par la consommation des vivres, le lancement des torpilles, les consommations d'eau douce, d'huile et le sassement des ordures. Des caisses de réglage, appelées aussi régleurs, sont situées dans les ballasts centraux du sous-marin. Les régleurs servent à corriger les variations de poids. En les remplissant ou en les vidant avec plus ou moins d'eau, les sous-marinières affinent l'état de stabilité du bâtiment.

Le réglage de l'assiette et de la gîte

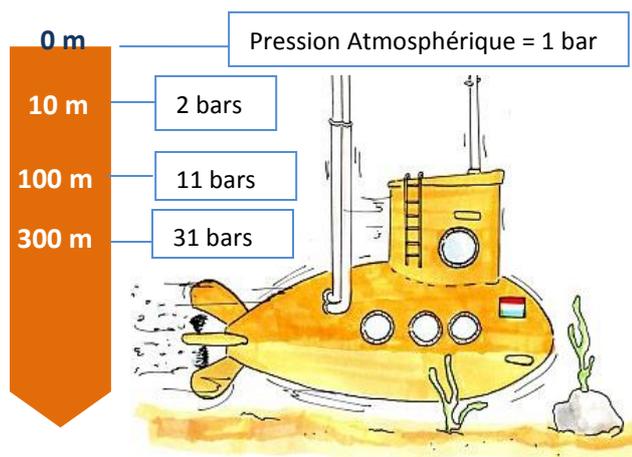
Réglage de l'assiette :
Réglage de l'inclinaison longitudinale du sous-marin



Réglage de la gîte :
Réglage de l'inclinaison transversale du sous-marin



Résistance à la pression de l'eau



Les sous-marins se composent d'une coque externe dite mince, hydrodynamique, et d'une coque interne dite épaisse, cylindrique, plus résistante et en acier conçue pour résister à la pression de l'eau en profondeur. Selon le principe de Pascal, la pression de l'eau augmente avec la profondeur. La coque du sous-marin est donc soumise à une

Principe de Pascal

« Sur la surface d'un corps immergé, s'exerce une pression, en bars, perpendiculaire à cette surface, dirigée vers l'intérieur et égale au nombre de dizaines de mètres d'immersion. »

pression croissante en fonction de l'immersion. Cette pression est dirigée vers l'intérieur du sous-marin, elle tend donc à écraser la coque.

1 bar équivaut à 1kg/cm².

La coque épaisse en acier HLE (très Haute Limite Elastique) est conçue pour résister à cette pression. L'eau contenue dans les ballasts annule la pression à l'intérieur et à l'extérieur de la coque mince.

C- Outils de navigation

Toute la navigation se fait au centre du sous-marin dans les tranches appelées **Central** et **Central Opération**. Plusieurs outils permettent au sous-marin de se diriger, de se repérer dans l'espace et de se situer géographiquement.

Le **périscop** permet d'observer à la surface tout en restant suffisamment immergé pour ne pas révéler sa présence. A bord du sous-marin, il existe deux périscopes :

Le périscop de veille permet de voir à la surface et à l'occasion de prendre des images. Il possède une portée optique plus importante.

Le périscop d'attaque à la différence du périscop de veille est beaucoup plus discret lorsqu'il sort à la surface mais sa portée optique est moins importante.



Le **sonar** est un système de détection fondé sur la réflexion des ondes sonores en **milieu marin**. Le système du sonar émet des impulsions ultrasonores et reçoit les ondes réfléchies par les obstacles.

Il existe deux types de sonar :

Le sonar actif : il mesure la distance d'un contact en émettant dans l'eau une impulsion sonore puis en écoutant l'écho de cette impulsion réfléchi par le contact. Le temps entre l'émission de l'impulsion et le retour de l'écho donne la distance du contact. Le sonar actif est très rarement utilisé par les sous-marins car il trahit leur présence et leur position.

Le sonar passif : il ne fait qu'écouter sans rien émettre. Certains sous-mariniers, qui ont pour spécialité de détecter les autres bâtiments étaient appelés les « **oreilles d'or** ». Ces « écouteurs » d'élite étaient chargés d'écouter, d'analyser et de décrypter les bruits captés par les appareils d'écoute. Contrairement à ce que l'on croit, « le monde du silence » porte très mal son nom. Ces hommes entendent en permanence, le bruit des moteurs, des hélices de leur propre bâtiment, des autres navires mais aussi le son des baleines, des dauphins et autres bancs de crevettes. Dans tout ce bourdonnement, ils sont capables de filtrer les sons qui les intéressent et de les analyser très précisément. Des banques de données sont créées grâce aux navires interceptés puisque chaque navire possède sa signature acoustique. Par ailleurs, une des missions principales des sous-marins français pendant la Guerre Froide était de maintenir à jour les bases de données notamment des bâtiments soviétiques.

Le **gyrocompas**, appelé aussi compas gyroscopique, est placé au Central. Il permet de connaître son cap par rapport au nord magnétique. Il est l'équivalent de la boussole à l'exception près que celle-ci ne fonctionne pas sous l'eau. Le compas est posé sur un gyroscope afin de rester à l'horizontal et éviter de subir les inclinaisons du sous-marin.





Toutes les informations, en partie trouvées grâce aux appareils décrits ci-dessus, sont reportées sur la **table traçante**. Elle est la représentation de la situation de surface, sous-marine et aérienne. Sur cette table, on retrouve des données de positions, routes, vitesses et d'immersions. La direction est trouvée à partir de l'information cap du gyrocompas. La vitesse est donnée grâce au loch, instrument qui permet de mesurer la vitesse de déplacement d'un bâtiment.

Le travail qu'on appelle le plot, effectué sur la table traçante se fait sur du papier calque. Le plotteur dessine avec précision. La table traçante donne ainsi au commandant une vue

d'ensemble de l'activité de son sous-marin.

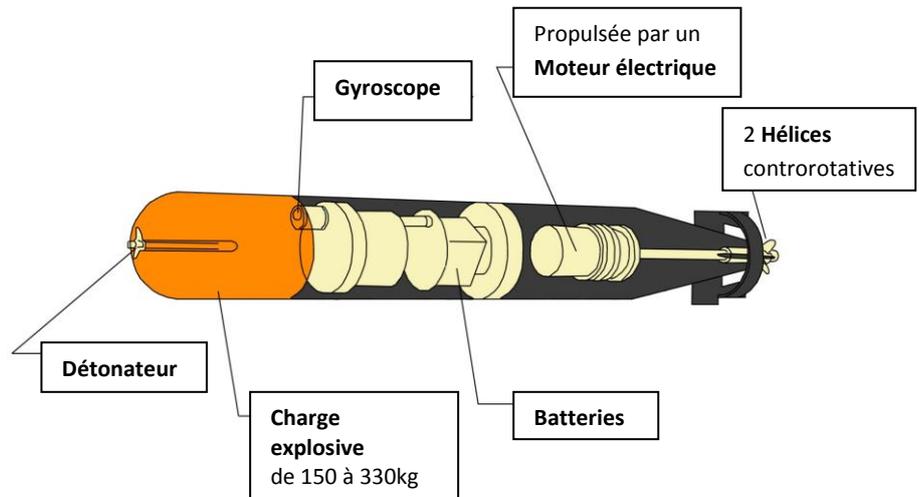
D - Torpilles et armement

Un sous-marin est conçu pour naviguer et si besoin, combattre en mer. La *Flore* n'a pas connu de guerre avec usage des armes, même si elle a participé à des missions pendant la Guerre Froide. Les torpilles, principales armes d'un sous-marin, sont destinées à détruire les navires de surface et les sous-marins. La direction de lancement de torpilles (DLT) permet d'envoyer toutes les informations à la torpille pour qu'elle puisse atteindre sa cible. Les torpilles explosent en utilisant un capteur magnétique qui déclenche l'explosion à proximité de la coque.

Schéma de composition d'une torpille :

Le sous-marin *Flore* est équipé de **12 tubes lance-torpilles** : 8 à l'avant et 4 à l'arrière. Les torpilles peuvent être **filoguidées** ou posséder un **capteur acoustique**.

Caractéristiques des Torpilles
Longueur : entre 4 à 7 m.
Poids : entre 890 à 1650 kg.
Calibre : environ 550 mm.
Portée : de 5 à 20 km.
Vitesse : jusqu'à 40 nœuds.



Pour La *Flore*, il n'y a pas de torpilles de réserve. Toutes ses torpilles sont placées dans les tubes avant d'appareiller.

Un sous-marin doit aussi se protéger des attaques de torpilles. Pour les sous-marins, il existe les contre-mesures physiques. Ce sont des capsules éjectées par un petit sas et qui, une fois à la mer émettent des perturbations acoustiques ainsi qu'un rideau de bulles perturbant ainsi le sonar de la torpille. Le sous-marin peut alors en profiter pour se dérober. Puis, les contre-mesures électroniques sont des appareils à bord du sous-marin qui imitent les échos sonar que la torpille reçoit. Ainsi elles perturbent le cerveau-moteur de la torpille qui déclenchera l'explosion en pensant être à proximité de sa cible.

IV - La vie à bord des sous-marins classiques

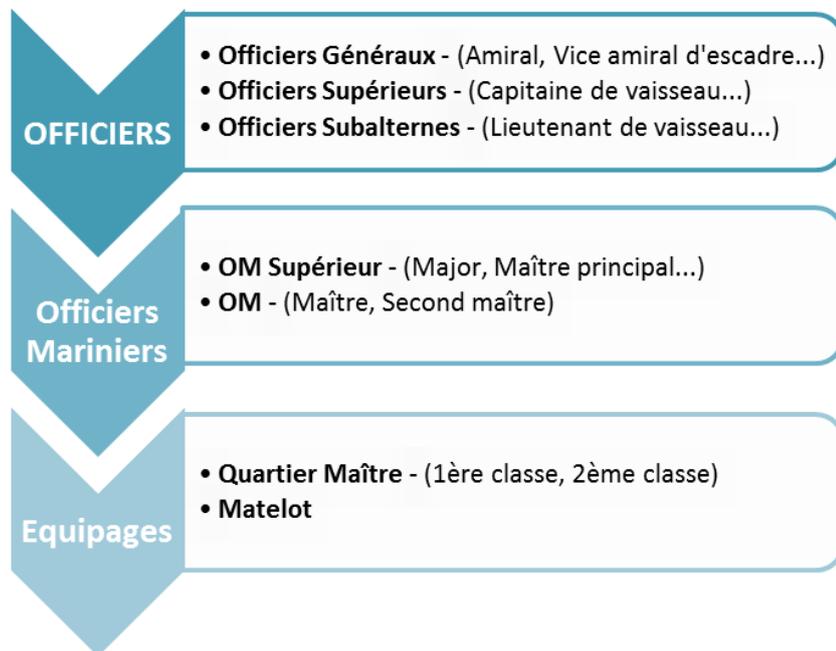
A - L'équipage

Composition d'un équipage :

Un équipage de sous-marin compte des hommes de différents métiers appelés spécialités, dont les responsabilités et les tâches varient en fonction de leur grade. On retrouve sur chaque unité des *officiers*, des *officiers mariniers* et un *équipage*. Le nombre d'hommes varie en fonction du type de sous-marin et de sa taille, de 40 hommes pour l'*Aréthuse*, le plus petit de la flotte, à 70 hommes pour le *Narval*, le plus grand des classiques français.

Grades :

Les grades sont répartis en trois catégories :

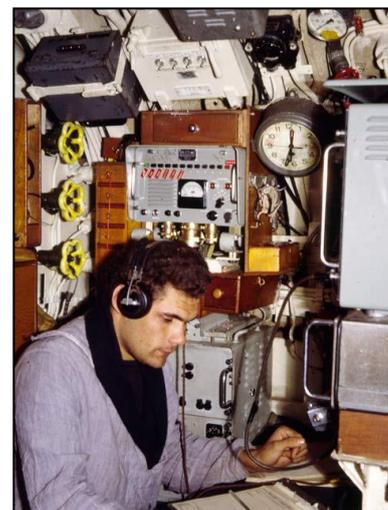


Spécialités :

Les spécialités sont en quelque sorte les métiers des marins.

Sur un sous-marin classique, les spécialités peuvent être classées en six familles. Tout d'abord, on y retrouve tout ce qui se rapporte à l'électronique et à l'électrotechnique.

Cette famille se constitue de spécialités telles que **les électriciens** (aujourd'hui appelés électrotechniciens) qui sont responsables des réseaux de production et de distribution de l'électricité nécessaire à bord et des électroniciens d'armes (anciennement torpilleurs) qui travaillent sur les systèmes d'armes qui font de plus en plus appel à des compétences en informatique et en électronique, ainsi que tout ce qui se rapporte à la détection avec notamment les détecteurs anti-sous-marin (DEASM), spécialistes de l'écoute sous-marine et de la détection des dangers immergés à l'aide de machines appelées sonars.



Il y a ensuite tout ce qui se rapporte à la mécanique du sous-marin avec les **mécaniciens navals** qui mettent en œuvre et entretiennent les installations mécaniques du bateau principalement au niveau du système de propulsion. On y classe aussi les mécaniciens d'armes (anciennement torpilleurs) qui sont chargés de s'occuper de la mise en œuvre et de l'entretien des armes sous-marines embarquées.

Les spécialités des **techniques maritimes** sont également très importantes. On y retrouve les manœuvriers qui sont chargés de mettre en œuvre et d'entretenir le matériel nécessaire aux manœuvres du sous-marin (mouillage, amarrage, transfert de personnel...), ainsi que les navigateurs timoniers, adjoints de l'officier chef du quart pour la navigation, ils tiennent à jour les cartes et documents nautiques. Ils sont également responsables des transmissions radiotéléphoniques de la passerelle et des transmissions par moyens visuels (signaux lumineux et pavillons).



Les transmissions et télécommunications sont également un aspect très important d'un sous-marin. Au sein de ce que l'on appelle aujourd'hui "**réseaux et télécommunications**" se trouve la spécialité de Spécialiste des systèmes d'informations et de télécommunications (SITEL, une fusion d'anciennes spécialités comme Radio ou Transmetteur) qui consiste à s'occuper des transmissions et des différents réseaux, de la supervision et de l'administration des systèmes d'information et de télécommunication ainsi que de la maintenance de ses équipements.

Pour pouvoir faire vivre un équipage pendant toute la durée de la mission il faut bien entendu des **spécialités de restauration**. Parmi celles-ci, celle de commis aux vivres qui assure l'approvisionnement des vivres, leur conservation et le stock, ainsi que celle de cuisinier qui prépare les repas et élabore les menus à l'avance avec le commis et enfin le maître d'hôtel affecté au service des tables des officiers et au service personnel du commandant.

Il peut arriver parfois qu'un sous-marin embarque à son bord d'autres spécialités pour des missions particulières.

Missions :

La durée des missions varient en fonction du sous-marin et des besoins de la Marine. En règle générale, un sous-marin est opérationnel pendant huit semaines, période pendant laquelle il peut effectuer des missions courtes, des missions longues où même rester à quai en attendant un ordre de mission.

Au bout de ses huit semaines, le sous-marin doit passer une période d'entretien (IPE : Indisponibilité Pour Entretien) de trois semaines avant de retrouver une nouvelle période d'activité de huit semaines.

La nature de ses missions varie énormément.

Il peut effectuer :

- des missions d'exercice,
- des missions de soutien d'autres forces navales,
- des missions d'espionnage,
- des dépôts de commandos,
- des recherches sous-marines,
- des blocus,
- des frappes militaires.



Femmes :

En France, pour le moment **il est toujours interdit aux femmes de servir à bord d'un sous-marin**. Les raisons évoquées sont principalement l'exiguïté, le refus des femmes d'utiliser les mêmes couchages (bannette chaude), les mêmes douches et toilettes que les hommes, une certaine appréhension de la part des équipages masculins ainsi que des raisons de santé avec une menace sur les fœtus à cause de poussières nocives et risque de stérilité due aux radiations dans les sous-marins nucléaires. Le coût financier est aussi à prendre en compte car pour rendre un navire mixte il faut un certain aménagement, aménagement coûteux que peu de marines ont voulu réaliser face à un nombre de prétendantes assez restreint. Face à l'évolution des mentalités, des navires et au manque de volontaires à l'arme sous-marine, les marines tendent à s'adapter et réfléchissent de plus en plus à admettre les femmes à bord. Certains pays dans le monde ont cependant déjà autorisé les femmes sur les sous-marins classiques, c'est le cas de la Norvège, de l'Espagne, de l'Italie, de la Grèce, de l'Afrique du Sud, de la Suède, de l'Australie et du Canada. Ces pays seront bientôt suivis par les Etats-Unis et la France sur sa prochaine génération de SNA.

B - Organisation de la vie à bord

Les quarts

L'équipage d'un sous-marin est prévu en fonction de sa taille et surtout de la durée de sa mission. En effet, un sous-marin fonctionnant 24h/24 et 7 jours/7, il faut un nombre d'homme suffisant pour pouvoir assurer une bonne navigation. Pour ce faire, il est instauré à bord un système de rotation par tranche d'équipage appelé le système des quarts. **Généralement, l'équipage est divisé en trois** (mais il est possible qu'il soit divisé en deux, en bordée) **et chaque tiers travaille par séquence de quatre heures en moyenne : les quarts**. Certains quarts sont plus difficiles à faire que d'autres. Afin que tous les membres d'équipage les effectuent tous, certains seront de deux ou trois heures. Ainsi tout le monde travaille tant de jour que de nuit au cours de la mission. Les quarts sont les mêmes pour tous les bâtiments de la Marine nationale et composent ainsi la journée du marin : 08h-12h, 12h-15h, 15h-18h, 18h-20h, 20h-00h, 00h-04h, 04h-08h.

Le rythme jour/nuit

Le sous-marin pendant sa mission a besoin de marquer une différence entre le jour et la nuit pour que les sous-mariniens gardent toujours un rythme et que le corps humain ait toujours ses repères terrestres. Pour ce faire, le sous-marin opérera un changement de luminosité à l'aide de différents globes lumineux : un blanc pour la journée, un rouge pour la nuit.

Les bannettes

La vie à bord est rythmée par les quarts et les hommes ne travaillent donc pas tous en même temps en tenue de navigation. Il n'y a qu'aux postes de combat que tous les hommes sont à leur poste, lors des manœuvres les plus délicates et dangereuses : quand un sous-marin plonge, quand il refait surface ou encore lorsqu'il tire une torpille.

En règle générale, les hommes se relaient aux différents postes à bord. Il en est de même pour la prise de repos qui se fait par tour également. Le sous-marin manquant de place, dans les classiques se pratique la **bannette chaude**. Etant donné l'exiguïté du lieu, il n'y a pas de place pour un lit par personne (bannette) et les hommes doivent donc partager à tour de rôle les couchettes, toujours chaudes car toujours occupées par quelqu'un. Pour pouvoir faciliter la rotation au poste avant des hamacs et des bannettes supplémentaires sont parfois rajoutés entre les tubes lance-torpilles. Le confort est rudimentaire et de plus, les hommes sont souvent réveillés par des appels aux postes de combat, des alertes ou des exercices.



Les temps de repos

Entre les quarts assurés et les moments de repos, les hommes passent de bons moments de convivialité comme par exemple lors des **repas**. Les hommes qui ne sont pas de quarts se partagent entre repos et repas tout en restant dans la même pièce. Les repas sont souvent terminés par des chants traditionnels du bord. Les distractions à bord sont bien limitées : **un peu de lecture, des jeux de cartes, des jeux inventés "du bord"** et éventuellement de temps à autres **un film**. Avant l'arrivée de la télévision à bord, il y avait dans les années 60 un projecteur 16mm qui était prêté aux sous-marins par le Service Cinématographique de la Défense avec une bobine de film. Quand la mission et le Commandant le permettaient, les hommes qui n'étaient pas de quart pouvaient tendre un grand drap blanc entre les tubes lance-torpilles et projeter un film à bord. Bien qu'il n'y ait qu'une bobine de film et que tout le monde l'avait vu plusieurs fois, c'était un grand moment de convivialité très apprécié.

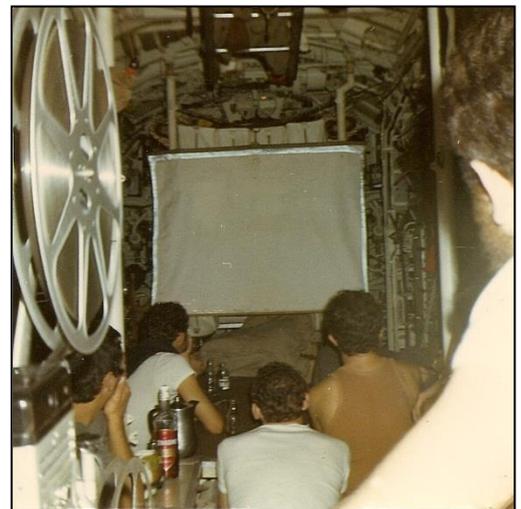


La convivialité dans une telle promiscuité est très importante, elle participe à souder les hommes entre eux. Dans un contexte où le moral et les nerfs sont soumis à rude épreuve, c'est d'autant plus important que cela participe à créer et renforcer l'esprit de corps très présent chez les sous-mariniens.

C - Repas et vivres à bord

Personnel

Pour assurer les trois repas par jour (plus un casse-croûte dans la matinée) de l'ensemble de la durée de la mission pour les 60 hommes du bord, l'équipage dispose de deux personnes, **un cuisinier et un commis aux vivres**. Le cuisinier et le commis sont chargés de préparer les menus à l'avance pour quatorze jours. Ces menus se répéteront tous les quatorze jours, c'est ce qu'on appelle **les quatorzaines**. Le personnel des vivres est formé à l'école des cuisiniers de la Marine nationale. Une fois les menus composés en ayant pris en compte tous les éléments nécessaires, le commis aux vivres passera commande des vivres auprès du Service des Subsistances qui lui livrera les quatorzaines conditionnées la veille de l'appareillage (départ en mission).



Une fois à bord, les deux hommes devront réaliser les menus pour nourrir les hommes à bord. Le cuisinier élaborera les plats tandis que le commis sera davantage responsable de la gestion des quantités et des stocks. Le commis et le cuisinier ne sont pas concernés par les quarts comme l'ensemble de l'équipage, car les repas sont toujours répartis de la même manière : un petit-déjeuner le matin, un repas le midi et un dîner le soir ainsi qu'un casse-croûte dans la matinée. De plus les deux hommes doivent se lever tôt le matin pour réaliser le pain frais à bord pour l'ensemble de la journée.

Un troisième homme est aussi à prendre en compte lorsque l'on aborde la question des repas. Bien qu'il ne les confectionne pas, **le maître d'hôtel** est aussi un homme important à bord car il est responsable de la table des officiers.

Cuisine

Leur lieu de travail est très exigu dans les quelques mètres carrés (2 à 3 m²) qui composent la cuisine appelée **cabane à outils** et la réserve appelée cambuse.

Dans la cuisine, on retrouve tout le nécessaire : un bloc de cuisson (deux marmites autoclaves et une sauteuse, la bassine à friture ayant été rapidement interdite pour des raisons de sécurité), un four à rôtir ou à pain, une bouilloire et un batteur-mélangeur multi-usage. La cuisine dispose également de tout le petit matériel nécessaire à l'élaboration des repas ainsi que l'espace dédié à la conservation des aliments.



Vivres et conservation

Un des problèmes majeurs relatifs aux vivres dans les sous-marins est celui de la conservation des denrées. En effet il ne peut y avoir de vivres frais en grandes quantités car ceux-ci sont périssables et si il est vrai qu'on en

retrouve à bord ils sont utilisés les premiers jours de mer. Pour pallier à ce fait, il y a d'autres moyens de conservation pour les vivres à bord : la congélation, la surgélation, la déshydratation, la dessiccation, la concentration ou la poudre et la conserve. Ainsi avec ces nombreux procédés de conservation il est possible d'embarquer un large panel de types de denrées pour pouvoir nourrir les hommes d'une manière variée et équilibrée. Les produits sont stockés aux endroits prévus à cet effet, une partie dans les chambres froides (une à +4° et une à -12°) et l'autre dans la cambuse. Cela-dit, le sous-marin manque de place et les espaces de stockage des vivres sont très vite remplis ce qui entraîne souvent les hommes à stocker le reste des vivres où ils peuvent, du poste avant au poste arrière. Un exemple assez illustratif est la consignation d'une des deux toilettes (poulaines) en tout début de mission pour y stocker des vivres frais ou des conserves. Ces denrées seront les premières utilisées pour libérer cet espace pour la suite de la mission.



Eau et boissons

Une donnée décisive pour la vie à bord est la quantité d'eau embarquée. En effet, l'eau est nécessaire pour cuisiner, boire, s'hydrater et, éventuellement, pour une utilisation liée à l'hygiène. Bien qu'entouré d'eau, le sous-marin a des réserves d'eau limitées car il ne peut pas régénérer de l'eau douce en grande quantité. Si il possède un système d'électrolyse, celui-ci fait beaucoup de bruit, prend beaucoup de temps, utilise beaucoup d'énergie et a un rendement très faible. Il n'est donc utilisé qu'en cas d'urgence. Le sous-marin doit donc embarquer directement de son port d'attache l'eau potable nécessaire au déroulement de sa mission. Il dispose pour ce faire de neuf caisses réparties entre le poste avant, la cuisine et le poste arrière pouvant contenir au total **13 475 litres d'eau potable**. En moyenne les hommes disposent donc de **sept litres d'eau par jour**. Une grosse moitié de cette quantité d'eau sera utilisé pour la confection des repas et l'autre sera utilisé pour boire. L'hygiène est mise au deuxième plan.

Dans les années 60, le vin est la boisson la plus courante à la table des Français et c'est tout naturellement qu'on le retrouve également à bord des sous-marins. Au total, un sous-marin de type Daphné embarquait 660 litres de vin répartis en 2 caisses. Les hommes avaient donc droit à chaque repas à leur "quart" de rouge. Du vin dit "de précision" pouvait également être embarqué pour certaines occasions : repas de Noël, réveillon, anniversaire.



De la bière pourra également être servie, avec certains repas (jour de choucroute par exemple !) ou de temps en temps dans les moments de détente.

Repas, déroulement et organisation

Les repas sont pris au carré pour les officiers et, pour le reste de l'équipage, dans les postes avant et arrière qui disposent de bancs et tables amovibles. Ainsi trois services sont faits bien que tout le monde mange la même chose. En effet le menu du jour est affiché sur la porte coulissante de la cuisine et chaque table recevra les gamelles et les plats correspondants au nombre de bouches à nourrir. Chaque repas est composé d'une entrée, d'un plat principal et d'un dessert. Certains repas peuvent être améliorés mais cela dépendra de chaque carré et de leurs indemnités de vivres.



Chaque carré dispose en effet d'une indemnité pour améliorer l'ordinaire à bord que ça soit du matériel de table ou de la nourriture.

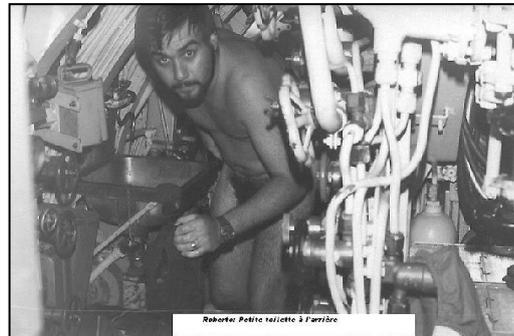
D - Hygiène et santé

Douches

Comme nous avons pu le voir dans les parties précédentes, le sous-marin possède des quantités d'eau douce qui sont très limitées. Ce dernier doit utiliser l'eau à bon escient et donc restreindre son usage.

L'hygiène à bord va donc être limitée par ce manque d'eau. Au sein du bord, on retrouvera au poste avant un local hygiène qui porte le surnom de **souillarde**.

Cet espace comprend à l'origine un lavabo et deux douches, une à eau de mer, l'autre à eau douce. Cela dit, si ces douches existent en théorie, la pratique est bien différente et il est extrêmement rare que les hommes prennent des douches à bord. La raison réside dans les quantités d'eau qui ne le permettent pas. Pour se faire une toilette sommaire, les hommes utilisent des lingettes nettoyantes ou parfois prennent une douche d'eau de mer avec un savon spécialement adapté et rincé avec une très petite quantité d'eau douce. Le plus souvent l'hygiène se résume à l'utilisation d'un demi-verre d'eau pour se laver les dents et d'un verre d'eau pour une toilette corporelle. Les sous-marinières ne se coupent donc pas non plus les cheveux et arborent fièrement à leur retour de mission une importante barbe. La douche présente dans la souillarde a également une autre utilité en cas d'accident. En effet si un homme s'entaille sévèrement, se brûle sur une grande partie du corps ou en manipulant une batterie reçoit une projection d'acide, il faut immédiatement le mettre sous l'eau. Dans ce cas la douche est cruciale pour la vie des hommes en cas de blessure grave.



Toilettes et déchets

Le sous-marin compte au total deux toilettes et un urinoir pour tout l'équipage. Les deux toilettes, appelées **poulaines**, sont placées juste en face de la cuisine. Comme elles doivent pouvoir être vidées même à grande profondeur, on utilise des poulaines à sas. Les eaux sales provenant des douches, lavabos, éviers, cuisines sont

vidées dans plusieurs caisses à eaux sales. Le contenu de ces caisses sera sassé à la mer. Cette manœuvre requière certaines précautions car elle est source de bruit et peut générer une voie d'eau. L'ordre viendra donc du Commandant ou de l'Officier en Second.



Notons au passage que les poubelles seront évacuées du sous-marin par le même procédé. Les déchets sont mis dans des sacs poubelles en forme de tube en plastic assez rigides. Une fois le sac rempli, il est placé une gueuse (un poids en métal) qui permettra au sac de couler par le fond et d'éviter ainsi au sous-marin d'être repéré. Dans les auxiliaires, à côté de la caisse des eaux usées se trouve un sas vide-ordure qui comme un petit lance-torpille sassera les poubelles en mer. Les mêmes précautions seront prises pour éviter au sous-marin d'être repéré et veiller à la bonne étanchéité du bord.

Le sous-marin possède également un urinoir sur la passerelle dans le kiosque du sous-marin pour que la personne de quart lors d'une navigation en surface puisse se soulager sans pour autant quitter son poste.

Vêtements

Le bord offre peu de place pour le superflu, ce qui affecte sur ce que les hommes peuvent embarquer à bord. En effet, les petites valises vertes (40 cm de long/24.5 cm de haut/20 cm de large) fournies par la Marine seront pendant longtemps les seules autorisées à bord. De par leur taille, elles limitent grandement ce que les hommes peuvent embarquer. En fonction du temps de la mission et du sous-marin le nombre de valises varie. Si un Narval partant pour 45 jours autorisait chaque homme à embarquer deux valises, un Daphné pour ses 30 jours de missions ne permettait l'embarquement que d'une seule de celle-ci. Autant dire que les vêtements étaient portés plusieurs jours de suite et que bien entendu ils ne pouvaient pas être lavés à bord vu le manque d'eau que connaît le bâtiment.

Température et humidité

La température à bord du sous-marin est souvent élevée. Elle avoisine les 35°C à 45°C dans les logements, les 50°C à 60°C au niveau du local propulsion et peu atteindre plus de 70°C sous le plancher des diesels. Le taux d'humidité est très important également et oscille sur une plage de 50 à 95% et peu atteindre à certains endroits les 100%. Les murs à bord sont souvent très humides et des gouttes de condensations ruissèlent alors le long de ceux-ci. Les lits, draps, vêtements et autres sont en permanence humides, ce qui n'améliore pas le confort des hommes à bord.

Médecins

L'hygiène est donc réduit au strict minimum à bord, ce qui facilite la propagation de microbes ou de bactéries. En effet, il a pu arriver que certaines épidémies (gale, gastro, fièvres) frappent l'ensemble de l'équipage d'un sous-marin. Il faut préciser qu'il n'y a pas de médecin à bord d'un sous-marin, sauf lors de certaines missions précises mais pour une durée limitée. En règle générale, il n'y a pas de médecin et c'est l'Officier en Second qui assure ces fonctions avec un guide médical surnommé le "**médecin en papier**". En cas de blessure ou de maladie grave, il faut évacuer le sous-marinier et le sous-marin doit refaire surface, passer un appel d'urgence pour qu'on vienne chercher l'homme ou qu'on l'hélicoptère. Sur certains bâtiments il y a des sous-mariniers qui ont le rôle d'infirmier à bord et qui ont reçu une formation complémentaire en ce sens. Les hommes à bord sont tenus de prendre des vitamines (Alvityl) pour renforcer les défenses immunitaires et fournir au corps humain les besoins nécessaires.



Le sous-marin Flore - S645

- 1956 — Le sous-marin Flore est **baptisé en avril 1956**.
- 1958 — Deux ans plus tard, en **septembre 1958, débute sa construction** à la DCAN de Cherbourg.
- 1960 — Il est **mis à flot le 21 décembre 1960**.
- 1964 — Il est **admis au service actif le 21 mai 1964**. Il est affecté à la 1^{ère} escadrille de sous-marins à Toulon avant d'intégrer en février 1970 l'ESMED (Escadrille des Sous-Marins de la Méditerranée).
- 1968 — Le sous-marin Flore subit deux accidents. Le premier se produit en **janvier 1968** lors duquel le carénage du bulbe du sonar passif d'étrave est enfoncé. Le second en **février 1971** est plus grave ; le sous-marin Flore est victime d'une voie d'eau au large de Toulon, alors qu'il était à l'immersion périscopique. Le moteur, en panne avec des compartiments inondés, le sous-marin est contraint de larguer ses plombs de sécurité pour remonter à la surface.
- 1971 —
- 1978 — Il sera par la suite, en **septembre 1978**, modernisé à Lorient. Entre juillet 1983 et octobre 1984, le sous-marin est affecté à l'escadrille des sous-marins de l'Atlantique.
- 1989 — **En mars 1989**, il effectue sa dernière plongée en Méditerranée, puis gagne Lorient le 29 mars afin d'être **retiré du service actif**. Le sous-marin est mis en réserve en attente d'une reconversion éventuelle.
- 1995 — En **1995**, l'association du **MESMAT** (Musée de l'Escadrille des Sous-Marins de l'Atlantique) se constitue afin que le sous-marin s'ouvre un jour à la visite. 12 juillet 1995 : Le sous-marin est mis au sec sur le slipway de l'ancienne base de sous-marins de Kéroman pour éviter qu'il ne se détériore dans l'eau. Il est mis à l'abri provisoirement dans l'alvéole n°1.
- 2010 — **1^{er} mai 2010 : Le musée du sous-marin Flore ouvre ses portes au public.**

Le sous-marin Flore fait partie des sous-marins **type Daphné dits de 800 tonnes**. La Marine nationale se dote de 11 sous-marins type Daphné dénommés *Daphné, Diane, Doris, Eurydice, Flore, Galathée, Junon, Minerve, Psyché, Sirène, Vénus*. Ces sous-marins "classiques" incarnent la période de la Guerre Froide. Leurs caractéristiques demeurent dans leur bonne tenue à la mer, leur grande manœuvrabilité, leur immersion profonde ainsi que leur discrétion acoustique, leur endurance en plongée, leur simplicité de conduite et d'entretien et enfin leurs moyens de détection développés.

L'essentiel des missions réside dans l'attaque des forces de surface, la détection, le pistage et l'attaque des sous-marins, le mouillage de mines, les patrouilles, l'entraînement avec les forces de surface et aéronavales, la répression face à une éventuelle agression, le renseignement et la formation des jeunes sous-mariniers.

Carte d'identité : Sous-marin FLORE

Dimensions : 57.75 m de long x 6.74 m de large x 5.25 m de haut.

Déplacement : 869 tonnes Genève en surface, 1043 tonnes en plongée.

Vitesse : en surface 13.5 nœuds, 16 nœuds en plongée, 7.5 nœuds au schnorchel.

Immersion : 300 m maximale - 575 m immersion de destruction.

Armement : 12 tubes lance-torpilles, dont 8 à l'avant et 4 à l'arrière (pas de torpilles de réserve).

Equipage : 50 à 60 hommes (6 officiers, 24 officiers mariniers et 20 quartiers maîtres et marins).

Heures de plongée totales : 41 070 H 25 min (soit 15 fois le tour du monde et 5 ans) dont 12 544H40 min au schnorchel.

Nautiques parcours : 320 854.6 miles.

LEXIQUE

Aériens : ensemble hissable formé par les antennes radio (Fouet et UHF ou Triple), radar (APV et ARUR), les périscopes de veille et d'attaque, le tube d'air (Schnorchel).

Alerte : terme exclusivement employé pour déclencher les opérations de prise de plongée, ou l'interruption de la marche au schnorchel. Se matérialise à bord par trois coups de klaxon.

Barre de direction : safran vertical formant un gouvernail situé à l'arrière du sous-marin, servant à modifier son cap et manœuvré depuis le kiosque ou le poste central (type Narval) ou le poste central (type Daphné et tous les types de sous-marins modernes).

Barres de plongée : les barres de plongée avant, «ailerons» placés de part et d'autre de la coque et les barres de plongée arrière, placées sur les Daphné derrière les hélices, permettent de contrôler l'assiette et l'immersion.

Barreur : un ou plusieurs hommes d'équipage chargé(s) de tenir l'assiette et l'immersion ainsi que le cap du sous-marin.

Cavitation : formation de bulles remplies de vapeur ou de gaz dans un liquide en mouvement, générant du bruit et donc de l'indiscrétion. Elle est produite par les hélices.

Flottabilité : on appelle flottabilité du sous-marin la différence entre son déplacement en plongée et son poids dans la situation considérée : par exemple, s'il est en plongée et bien pesé, sa flottabilité est nulle ; en revanche, s'il est mal pesé et qu'il a tendance à couler ou à remonter, on dit qu'il est en flottabilité négative ou positive.

Gyrocompas : ou compas gyroscopique. Il est placé dans le poste central et permet au sous-marin de connaître son cap par rapport au Nord.

Hélice : appareil de propulsion constitué de pales solidaires d'un arbre relié au moteur.

Massif : appelé aussi « cathédrale », constitué d'une coque mince d'une hauteur de 4,50 mètres sur les Daphné. On y trouve le sas qui relie l'intérieur du sous-marin à la baignoire (passerelle très exposée aux vagues et aux embruns située où se tiennent l'officier de quart et les veilleurs quand le sous-marin navigue en surface), le conduit d'évacuation des gaz d'échappement et le logement de tous les aériens, ainsi que les feux de navigation, le mât de pavillon et l'extrémité du câble de remorquage.

Nœud : unité de mesure de vitesse équivalant au mille nautique, soit **1,852 Km/h**.

Noms des sous-marins : les noms officiels des sous-marins peuvent être constitués d'un seul mot ou d'un mot précédé d'un article. Ex : Le sous-marin FLORE, le sous-marin REDOUTABLE, le sous-marin AGOSTA. Dans le langage courant, on désigne un sous-marin de son nom précédé d'un article. Ex : La DAPHNE, le NARVAL, l'AGOSTA.

Oreilles d'or : « écouteurs » d'élite chargés d'analyser et décrypter les bruits captés par les appareils d'écoute.

Pacha : ou « vieux », surnom donné au commandant du sous-marin et au commandant de tout bâtiment de la Marine nationale.

Poste de combat : à chaque fois que le sous-marin effectue l'une de ses missions militaires ou un exercice, le commandant rappelle chacun « aux postes de combat ». Matériel et personnel sont alors prêts à engager le combat et utiliser les armes.

Purges de ballasts : ces purges permettent d'évacuer l'air prisonnier dans les ballasts. Elles sont fermées quand le sous-marin est en surface avec ses ballasts remplis d'air, ouvertes quand il plonge puis refermées. L'ouverture et la fermeture des purges s'effectuent depuis le central à partir de commandes hydrauliques (type Narval) ou pneumatiques (type Daphné).

Ronde d'étanchéité : opération effectuée à chaque quart, ainsi qu'à chaque changement d'immersion pour contrôler l'étanchéité du bâtiment dans son ensemble.

Sous-marin classique : sous-marin d'attaque à propulsion classique (non nucléaire) par Diesel/Génératrice et batterie/moteur électrique de propulsion.

Sous-marin nucléaire : sous-marin à propulsion nucléaire. Il existe les **SNA** : sous-marin nucléaire d'attaque, les **SNLE** : sous-marin nucléaire lanceur d'engins et les **SNLE-NG** : SNLE Nouvelle Génération.

POUR ALLER PLUS LOIN...

Bibliographie

Lorient, port stratégique

BOURGUET-MAURICE Louis, GRAND-COLAS Josyane, *Et la tanière devint village. La base de sous-marins de Lorient-Kéroman (1940-1997)*, Editions du Quantième, Rennes, 2003.

BAUEUER Luc, *Guide souvenir. La base de sous-marins de Lorient*, Liv'éditions, Le Pouliguen, 2008.

BRAEUEUR Luc, *U-Boote ! Lorient. Juin 40-Juin 41, le premier « âge d'or »*, Liv'éditions, Le Pouliguen, 2009. ainsi que les tomes 2 et 3.

CERINO, Christophe, *Keroman, base de sous-marin, 1940-2003*, Palantines, 2003.

GAMELIN Paul, *Les bases sous-marines allemandes de l'Atlantique et leurs défenses 1940-1945*, Editions des Paludiers, La Baule, 1981.

HUGUEN, Roger, *La Bretagne dans la bataille de l'Atlantique*, Coop Breizh, Spézet, rééd 2011.

Aspects techniques et fonctionnement

CARIOU, Yves, MOULIN, Jean, BUFFETAUT, Yves, BORIO, Marc, *Les sous-marins nucléaires français*, Marines éditions, Rennes, 2007.

HUAN, Claude (CV), MOULIN, Jean, *Les sous-marins français 1945-2000*, Marines éditions, Rennes, 2010.

MATHEY, Jean-Marie, SHELDON-DUPLAIX, Alexandre, *Histoire des sous-marins des origines à nos jours*, ETAI, Boulogne-Billancourt, 2002.

MOULIN Jean, *Le sous-marin Flore*, Marines Editions, Rennes 2011.

PATERSON, Lawrence, *U-boot missions de combat, récits et témoignages de la vie et des opérations à bord d'un sous-marin*, ETAI, imprimé en chine, 2010.

Les sous-marins expliqués aux jeunes et aux enfants

BEAUMONT, Emilie, DAYANT, Jacques, *Les sous-marins*, coll. La Grande Imagerie, Fleurus, 2006.

CLERC, Odile, DEQUEST, Pierre-Emmanuel, *Les sous-marins*, coll. Vivre la mer, Gulf Stream, 2009.

Auteur (collectif), *Raconte-moi les sous-marins*, Coll. du citoyen, Ed. Nouvelle Arche de Noé, 2001.

WEBOGRAPHIE

.Sites internet de sous-marins

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Sous-marin>

<http://zone.sousmarins.free.fr>

<http://www.netmarine.net>

<http://sousmarin.chez.com>

<http://www.defense.gouv.fr/marine>

<http://www.u-boote.fr>

<http://www.anciens-cols-bleus.net>

<http://www.uboat-bases.com/fr/>

http://www.lorient.fr/L_histoire_de_Lorient.2929.0.html

<http://silorientmetaitconte.net/>

<http://cheronnet.yannick.perso.neuf.fr>

.Vidéos d'un type Daphné :

<http://www.youtube.com/watch?v=fhOpUqHmBn8>

<http://www.youtube.com/watch?v=UIqBbbTnbSc>

.Reportage d'Arte de 2005 sur la Guerre froide sous-marine :

http://www.dailymotion.com/video/xj37qr_arte-2005-la-guerre-froide-sous-marine_tech

.Vidéo sur les vivres à bord d'un SNA :

http://www.dailymotion.com/video/xkgaz9_c-est-quoi-une-trentaine-dans-un-sous-marin_news

.Vidéos sur les Oreilles d'or :

<http://video.google.com/videoplay?docid=1464109342604381693#>

<http://www.corlobe.tk/article6636.html>

.Emissions France 3 C'est pas sorcier :

http://c-est-pas-sorcier.france3.fr/?page=emission&id_article=1805

http://c-est-pas-sorcier.france3.fr/?page=emission&id_article=183

http://c-est-pas-sorcier.france3.fr/?page=emission&id_article=187

Ca flotte ou ça coule ?

Expérience à mener avec la classe ou à la maison !

L'objectif de cette expérience est de mieux comprendre les notions de flottabilité et de matières des objets.

ETAPE 1 : PREPARATION

- Avant de faire les expériences, il faut se doter de matériel : une feuille et des crayons pour noter ses observations, des objets divers du quotidien (cuillère, pâte à modeler, pot de yaourt vide, règle, crayon en bois, stylo bille, une paille, un bouchon en liège, un élastique, allumettes, clous, billes), 2 bacs en plastique, eau douce.

ETAPE 2 : MISE EN PLACE DE L'EXPERIENCE

- Après avoir expliqué les définitions des mots "flotter" et "couler", l'expérience peut se mettre en place. Chaque enfant doit se munir d'une feuille et d'un crayon pour noter ses observations. Deux bacs doivent être remplis d'eau douce à la moitié. Les objets sont mis à côté des bacs d'eau afin d'être utilisés lors de l'expérience.

ETAPE 3 : TESTER ET OBSERVER

- Lorsque tout est prêt, il faut tester chaque objet en le posant dans le bac d'eau. Lorsque l'objet est posé sur l'eau, il faut attendre quelques secondes et noter ce qui se passe. L'objet flotte-t-il ou coule-t-il ? On renouvelle ensuite cette expérience pour chaque objet.

ETAPE 4 : FAIRE DES HYPOTHESES ET NOTER LES RESULTATS

- Après avoir constaté quels sont les objets qui coulent et qui flottent, faire le tri. Devant chaque bac, faire un tas avec les objets qui flottent et un tas avec les objets qui coulent. Chaque enfant émet des hypothèses et confrontent ses points de vue et ses résultats.

ETAPE 5 : DEGAGER DES CONCLUSIONS

- A l'aide d'un tableau comme ci-dessous, classer les objets selon leur matière et noter les résultats.

	Pâte à modeler	Allumettes / bois	Pot de yaourt / plastique	Bouchon / liège	Bille / verre
LOURD/LEGER	LOURD	LEGER	LEGER	LEGER	LOURD
FLOTTE					
COULE					

Grâce à sa forme, à son poids et à sa matière, l'objet immergé ne réagit pas de la même manière.

ETAPE 6 : DEFI

- En créant un objet en pâte à modeler en forme de bateau, il faut pouvoir mettre plus d'une bille à l'intérieur et arriver à faire flotter le bateau le plus longtemps possible.